SENTRON

Interruttori differenziali

GUIDA TECNICA - Edizione 2012

Answers for infrastructure.

Introduzione

In ambito elettrico la sicurezza è un obbligo, o meglio un dovere. Per questo ogni progettista / installatore deve essere particolarmente scrupoloso nello scegliere ed applicare correttamente le necessarie misure di protezione.

Le apparecchiature elettriche sono in continua evoluzione, e abbracciando nuove tecnologie volte al miglioramente delle performance e al risparmio energetico, rendono più difficoltosa la scelta delle apparecchiature di protezione.

Nel 1994 Siemens portò sul mercato il primo differenziale di Tipo B., studiato per la protezione di convertitori di frequenza trifase ed in grado di rilevare correnti di dispersione di tipo continuo.

La novità assoluta del 2012 sono i nuovi interruttori differenziali di Tipo F, studiati per la protezione dei convertitori di frequenza monofase, ad oggi molto diffusi in tutte le tipologie di elettrodomestici o utilizzatori di nuova generazione.

Questa guida vuole essere un aiuto alla scelta dell'interruttore differenziale, che diventa sempre più importante e critica.

Siemens S.p.A.

Indice

1. Protezione con dispositivi differenziali

Nella messa in atto di misure di protezione con un dispositivo differenziale, il presupposto fondamentale è che sia stato posato il corrispondente conduttore di terra collegato alle parti di impianto e ai mezzi operativi da proteggere. Un flusso di corrente tramite una persona può allora verificarsi solo in caso di comparsa di due guasti (oltre ad un guasto di isolamento anche l'interruzione del conduttore PE) oppure in caso di contatto involontario con parti attive.

1.1 Protezione da contatto diretto (protezione addizionale) con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA

Per contatto diretto si intende il contatto di una persona con una parte attiva che durante il funzionamento si trova sotto tensione. Mentre la persona è in contatto con parti attive, 2 resistenze in serie determinano il livello della corrente che fluisce – la resistenza interna della persona Rm e la resistenza del punto di passaggio R_{st} (Figura 1).

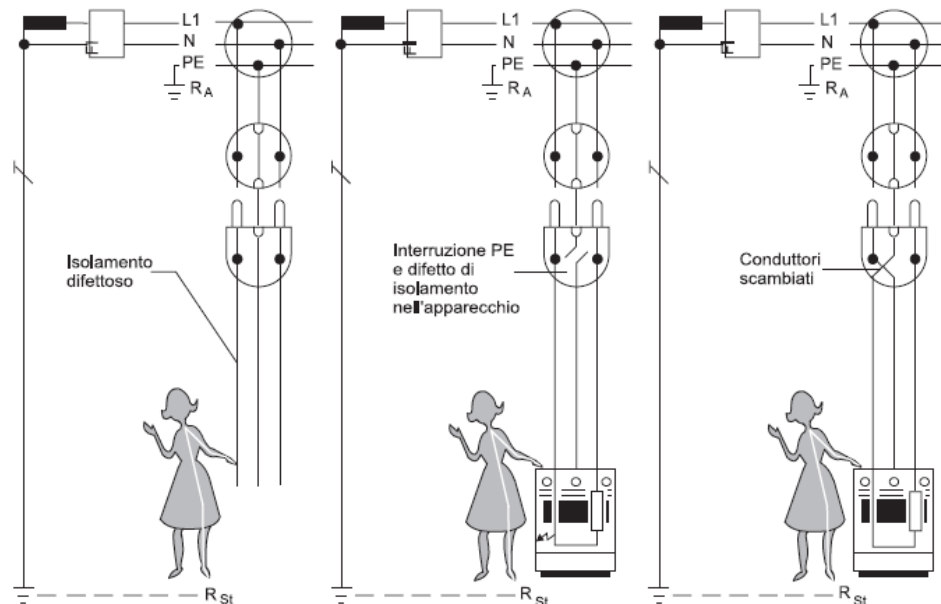



Figura 1: Esempi di un contatto diretto involontario

Nelle considerazioni sugli incidenti si deve ipotizzare il caso peggiore, con una resistenza del punto di passaggio vicina allo zero.

La resistenza del corpo dipende dal percorso della corrente e dalla resistenza di contatto della pelle. Da alcune misurazioni risulta un valore di resistenza di circa 1000 Ω per il percorso di corrente mano/mano oppure mano/piede.

Con questi presupposti con una tensione di contatto di 230 V si ottiene una corrente pericolosa attraverso il corpo di 230 mA. La Figura 2 mostra le curve dell'intensità di corrente/durata del contatto in riferimento alle reazioni fisiologiche del corpo umano. Pericolose sono le intensità di corrente e la durata del contatto che si trovano nel Campo 4. Qui, la fibrillazione cardiaca può causare la morte della persona interessata. Sono registrati anche i campi di sgancio dei dispositivi differenziali non ritardati con correnti differenziali nominali di 10 mA e 30 mA. Sono poi registrati i valori nella pratica dei tempi di sgancio con corrente di guasto nominale quintupla e non i valori massimi ammessi secondo VDE 0664 Parte 10. Come si può rilevare dalle curve di sgancio, i dispositivi differenziali non limitano il valore della corrente di guasto, bensì ottengono l'effetto di protezione con una rapida disinserzione e quindi con una durata limitata della corrente di contatto.

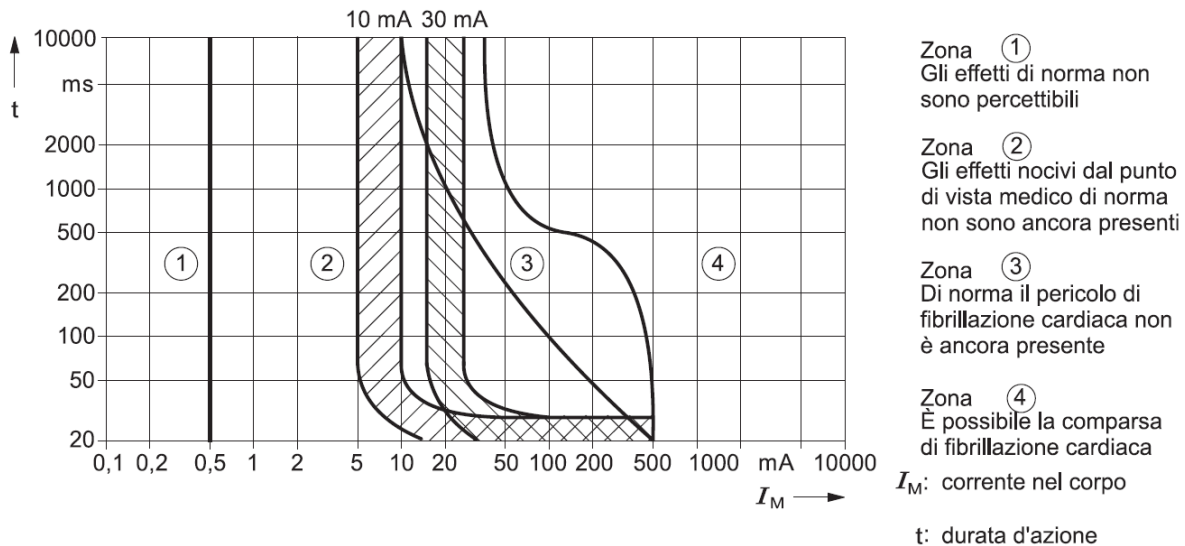



Figura 2: Zone di intensità di corrente secondo CEI EN 60 479

Gli interruttori differenziali con una corrente differenziale $I_{\Delta n} \leq 30$ mA offrono così una protezione addizionale contro lo shock elettrico (vedi Figura 1):

– in caso di contatto diretto ed involontario di parti che durante l'esercizio sono sotto tensione (ad es.: guasti all'isolamento di base, funzionamento non conforme alle norme, inefficacia della protezione di base)

– in caso di leggerezza dell'utente (ad es. utilizzo di apparecchi guasti, riparazioni inappropriate su impianti e mezzi operativi),

– nel contatto errato di parti sotto tensione (ad es. fallimento della protezione dal guasto in caso di interruzione del conduttore di protezione)

La protezione addizionale mediante interruttori differenziali con una corrente differenziale nominale $I_{\Delta n} \leq 30$ mA viene richiesta oppure esplicitamente raccomandata dalle norme.

Gli interruttori differenziali con una corrente differenziale nominale $I_{\Delta n} \leq 10$ mA si trovano con la loro caratteristica di sgancio, per l'intero andamento, nel campo 2 sotto il limite di rilascio muscolare. Normalmente non si verificano effetti dannosi dal punto di vista medico né contrazioni muscolari (vedi Figura 2). Essi sono quindi particolarmente adatti per aree sensibili, come le stanze da bagno.

1.2 Protezione da contatto indiretto (protezione da guasto)

Per contatto indiretto si intende il contatto di una persona con una parte elettrica conduttrice che durante l'esercizio non è sotto tensione. In questi casi si richiede la disinserzione automatica dell'alimentazione se, a causa dell'intensità e della durata della tensione di contatto che si presenta, può nascere un rischio. Per questo sono adatti anche gli interruttori differenziali con corrente differenziale nominale superiore ai 30 mA. Per ottenere l'effetto di protezione, occorre rispettare le condizioni di disinserzione. Per questo la tensione di contatto pericolosa, tenendo conto della resistenza di messa terra e corrente differenziale nominale, non deve permanere per un tempo non ammissibile.

1.3 Protezione antincendio

La HD 384.4.482 S1 (IEC 60364-4-482) per "stabilimenti a rischio d'incendio" richiede misure per la prevenzione degli incendi che possono nascere da guasti nell'isolamento. Quindi si devono proteggere i cavi e i conduttori nei sistemi TN e TT con dispositivi differenziali con corrente differenziale nominale $I_{\Delta n} \leq 300$ mA. Esclusi da questo sono i conduttori mineralizzati ed i sistemi di sbarre collettrici.

Nelle applicazioni in cui guasti legati alla resistenza possono provocare un incendio (ad es. nel riscaldamento di soffitti con elementi riscal-danti piatti), la corrente differenziale nominale deve essere $I_{\Delta n} = 30$ mA.

La protezione addizionale dagli incendi tramite dispositivi differenziali non dovrebbe però essere impiegata limitatamente agli stabilimenti a rischio d'incendio, ma dovrebbe essere utilizzata di principio.

2 Interruttori differenziali e magnetotermici differenziali

2.1 Tipologie di dispositivi differenziali

Gli interruttori differenziali si differenziano per la loro attitudine al rilevamento di diverse forme d’onda di corrente differenziale (Fig. 3)

Tipologia di Corrente	Tipo / Forma d'onda	AC	A	F	B	B+ kHz	Tipo / Soglia intervento
Alternata sinusoidale		■	■	■	■	■	0.5 ... 1.0 $I_{\Delta n}$
Corrente pulsante unidirezionale (semionde pos. o neg.)			■	■	■	■	0.35 ... 1.4 $I_{\Delta n}$
Semionda parzializzata			■ ■	■ ■	■ ■	■ ■	Angolo di ritardo 90°: 0.25 ... 1.4 $I_{\delta n}$ Angolo di ritardo 135°: 0.11 ... 1.4 $I_{\delta n}$
Corrente pulsante unidirezionale con componente continua			■ + 6 mA	■ + 10 mA	■ + 0.4 mA	■ + 0.4 $I_{\Delta n}$	max. 1.4 $I_{\Delta n}$ + DC
Corrente a frequenza variabile				■	■	■	0.5 to 1.4 $I_{\Delta n}$
Corrente Continua					■	■	0.5 ... 2.0 $I_{\Delta n}$

Figura 3: Campi di intervento per interruttori differenziali Tipo AC, A, F, B e B+.

In funzione dell’elettronica presente nel dispositivo da proteggere si possono verificare diverse tipologie di corrente di dispersione. Poiché gli interruttori differenziali si differenziano per la loro attitudine a rilevare forme di correnti di guasto diverse, nella loro scelta occorre tener conto della tipologia di utilizzatore.

La Tabella 1 mostra i circuiti elettronici e le loro correnti di carico e di guasto possibili con le relative tipologie di interruttore differenziale idoneo per realizzare un efficace protezione.

Tabella 1: Possibili forme di corrente di guasto e dispositivi di protezione differenziali adatti

2.1.1 Tipo AC

Gli interruttori differenziali di Tipo AC sono adatti solo per il rilevamento di correnti di guasto alternate di forma sinusoidale (vedi Tabella 1: Nr. 1, 2 e 3).

2.1.2 Tipo A

Gli interruttori differenziali di Tipo A, oltre alle correnti di guasto alternate di forma sinusoidale, rilevano anche correnti di guasto alternate e pulsanti sinusoidali.

Questo interruttore differenziale, essendo sensibile anche alle correnti pulsanti, permette di controllare eventuali correnti di guasto che potrebbero generarsi con l'impiego di utilizzatori aventi dispositivi elettronici.
Per l'utilizzo di questo Tipo di interruttori vedere la Tabella 1 (Nr. 1, 2, 3, 4, 5 e 6).

2.1.3 Tipo F

Gli interruttori differenziali di Tipo F, oltre alle funzionalità del Tipo A, sono realizzati per la protezione di convertitori di frequenza monofase. (vedi Tabella 1: Nr. 7). I tipo F sono stati recentemente introdotti dalla normativa IEC EN 62423, e prevedono rispetto al Tipo A standard le seguenti caratteristiche:

- campo di intervento per correnti di dispersione da 10Hz a 1kHz
- ritardo intenzionale all'intervento (10ms)
- prova di tenuta all'impulso 3kA
- tolleranza alla corrente continua sovrapposta fino a 10mA.

2.1.4 Tipo B

Gli interruttori differenziali di Tipo B, oltre al rilevamento delle forme di corrente di guasto del Tipo F, sono utilizzati anche per il rilevamento di correnti di guasto di tipo continuo. Questa tipologia di interruttore è in grado di garantire la protezione anche in presenza di convertitori di frequenza trifase, in riferimento alla Tabella 1 è impiegabile a protezione di qualsiasi utilizzatore.

2.1.5 Tipo B+ kHz

Gli interruttori differenziali di Tipo B+, nascono per garantire un'efficace protezione antincendio. La loro caratteristica d'intervento, conforme alla normativa tedesca VDE V 0664-110, garantisce l'intervento entro la soglia massima di 420mA per correnti di dispersione ad alta frequenza (fino a 20kHz).

2.2 Classificazione dei dispositivi differenziali di protezione

I dispositivi differenziali di protezione sono classificati secondo diverse esecuzioni.

– Differenziale (RCD): è il termine utilizzato per identificare tutti i dispositivi predisposti al rilevamento delle correnti di dispersione con funzione di protezione contro eventuali contatti indiretti.

– Interruttore differenziale puro (RCCB): è un apparecchio in grado di rilevare eventuali correnti di dispersione e proteggere da eventuali contatti indiretti; senza alcuna protezione contro le sovracorrenti. La normativa di prodotto di riferimento è la IEC EN 60008-1)

– Interruttore magnetotermico differenziale (RCBO): è un apparecchio in grado di rilevare eventuali correnti di dispersione, proteggere da eventuali contatti indiretti, garantendo anche protezione contro le sovracorrenti e i cortocircuiti.
Di questa categoria fanno parte anche i blocchi differenziali (RC-Unit) che, quando assemblati con un interruttore magnetotermico, offrono le stesse funzioni di protezione garantite da un interruttore magnetotermico differenziale.
La normativa di riferimento è la IEC EN 60009-1, che per la parte di protezione magnetotermica fa riferimento alla IEC EN 60898-1.

2.3 Struttura e principio di funzionamento

2.3.1 Interruttori differenziali Tipo A

Gli interruttori differenziali di Tipo A sono costituiti essenzialmente dai seguenti elementi:

- trasformatore toroidale o toroide
- relè di sgancio
- meccanismo di apertura

Nota: Fino all'esecuzione del circuito di sgancio, la forma costruttiva degli interruttori differenziali del Tipo AC è identica a quella del Tipo A.

Il trasformatore toroidale verifica che la somma vettoriale di tutte le correnti che lo attraversano sia uguale a 0.

E' provvisto di un avvolgimento secondario nel quale, in presenza di una corrente di dispersione verso terra, si induce una f.e.m. che provoca il disinserimento al relè di sgancio (Figura 5).

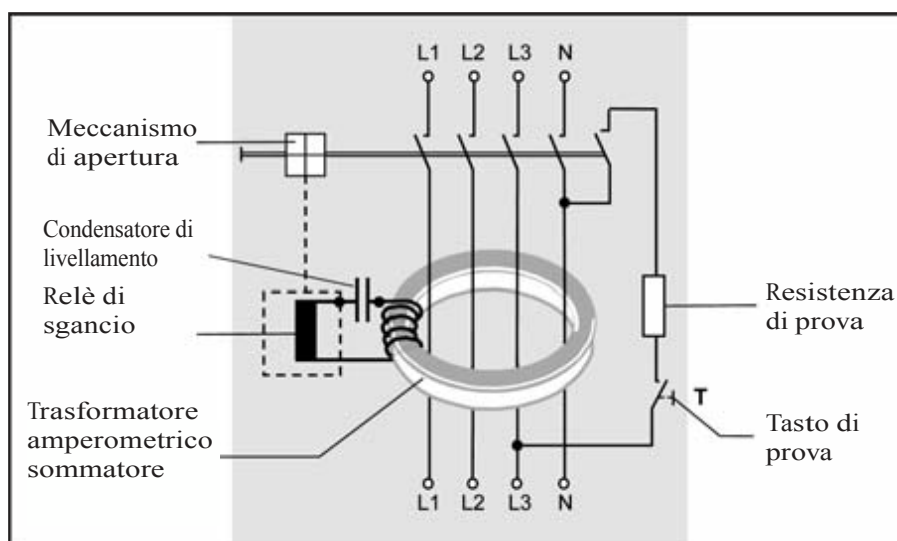



Figura 4: Schema di principio

Il funzionamento di un interruttore differenziale è indipendente dalla tensione di rete.

Il funzionamento del dispositivo di protezione differenziale può essere verificato tramite il tasto di prova presente in ogni apparecchio. Premendo il tasto di prova viene creata una corrente di guasto pari a 5 volte la corrente differenziale nominale (alla tensione nominale), in corrispondenza della quale il dispositivo di protezione differenziale deve sganciare.

2.3.2 Interruttori differenziali Tipo B

Questo differenziale, come per il Tipo A, ha un funzionamento indipendente dalla tensione di rete.
La funzione di protezione è garantita a partire da una tensione minima di 50 Vc.a. (alla quale però non è previsto il funzionamento del tasto di prova).

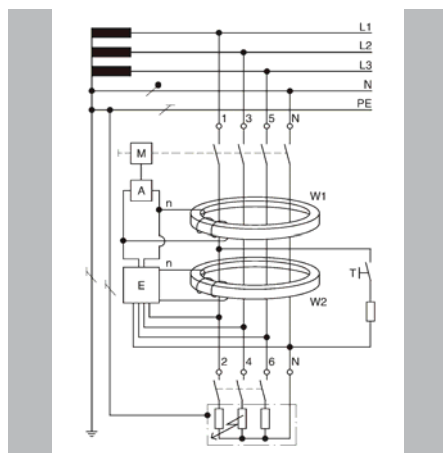



Figura 5: Schema di principio dell'interruttore differenziale di tipo B.

A *Relè di sgancio*
M *Meccanica del dispositivo di protezione*
E *Elettronica per intervento con correnti differenziali di tipo continuo unidirezionali*
T *Tasto di prova*
n *Avvolgimento secondario*
W1 *Toroide per il rilevamento delle correnti di guasto alternate e pulsanti unidirezionali*

W2 *Toroide per il rilevamento correnti di guasto di tipo continuo*

2.4 Proprietà e campi di impiego

2.4.1 Interruttore differenziali Tipo B

Correnti di dispersione di tipo continuo, non vengono rilevate dai differenziali di Tipo AC, A e F, adatti invece per correnti di guasto alternate sinusoidali e correnti di guasto continue pulsanti. Correnti di guasto di tipo continuo, possono causare la saturazione del nucleo, inibendo la funzione di rilevamento delle correnti di dispersione del differenziale con conseguente inefficacia del dispositivo stesso anche verso correnti di guasto in corrente alternata.

Per questa ragione, Siemens per prima nel 1994, ha progettato e realizzato il differenziale di Tipo B per correnti di guasto di tipo continuo. Sempre per prima ha realizzato la versione Tipo B+ che, grazie alla sua curva di risposta in frequenza, si rende partner ottimale per la protezione dei convertitori trifase anche in caso di guasto verso terra a valle dello stesso. Su questi dispositivi risultano ad oggi implementate ulteriori caratteristiche tecniche che sono di serie su tutto il portfolio prodotti B e B+:
- esecuzione antidisturbo K
- resistenza alle atmosfere aggressive I
Che verranno di seguito descritte.

Dalla prima commercializzazione ai giorni odierni le richieste tecniche e le applicazioni, dove viene richiesta una protezione di questo tipo, si sono moltiplicate.

In caso di mezzi operativi elettronici, come ad es. sul lato di uscita di un convertitore di frequenza o inverter (vedi anche la sezione 3.3.2), oltre alle forme di corrente di guasto descritte, compaiono anche correnti di guasto alternate con diverse frequenze. Per questo genere di impiego, gli interruttori differenziali di Tipo A, F non sono adatti.

Le caratteristiche di sgancio dell'interruttore differenziale di Tipo B, con corrente differenziale nominale di 30 mA e 300 mA, sono rappresentate nella Figura 6.
Il valore di sgancio dell'interruttore differenziale si trova sempre all'interno del valore limite per cui è costruito e nel caso della corrente differenziale nominale di 30 mA, si trova notevolmente sotto la curva limite di pericolo di fibrillazione cardiaca.

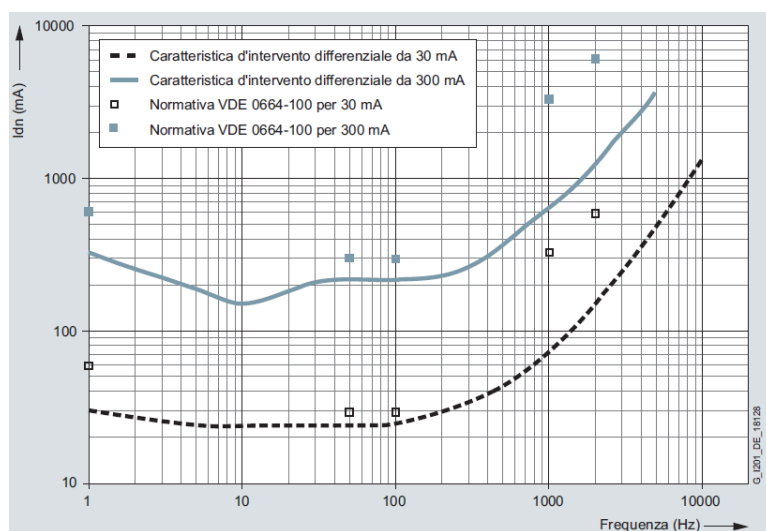



Figura 6: Tipo B: Correnti di sgancio in funzione della frequenza

Per soddisfare le condizioni di disinserzione per la protezione in caso di contatto indiretto (protezione da guasto) con l'interruttore differenziale di Tipo B, occorre tener conto del suo comportamento di sgancio con le diverse frequenze e gli spettri di frequenza che compaiono nel caso applicativo sul punto di guasto.

Nell'ipotesi di condizioni sfavorevoli (elevata frequenza di clock di un convertitore di frequenza o inverter, vedi anche la sezione 3.3.2)

si raccomandano le seguenti resistenze verso terra massime ammissibili:

Corrente differenziale nominale	Massima resistenza di terra ammessa con tensione di contatto	
	50 V	25 V
30 mA	160 Ω	80 Ω
300 mA	16 Ω	8 Ω
500 mA	10 Ω	5 Ω

Tabella 2 : Resistenze di terra massime raccomandate per l'interruttore differenziale di Tipo B

Un effetto positivo della corrente di sgancio crescente è una maggiore continuità di esercizio dell'impianto.

Nell'inserzione di condensatori collegati verso il conduttore di protezione PE (ad esempio di filtri EMC che vanno impiegati con convertitori di frequenza) possono comparire, per breve tempo, elevate correnti di dispersione. Per garantire in questi casi un funzionamento privo di scatti intempestivi è stata implementata l'esecuzione K che prevede un breve ritardo intenzionale all'intervento (10ms) che consente di eliminare i problemi generabili da picchi di corrente di dispersione della durata massima di un semiperiodo.

2.4.2 Interruttori differenziali Tipo B+

Gli interruttori di tipo B standard hanno una curva d'intervento Idn/f realizzata al fine di garantire la protezione dai contatti indiretti secondo la VDE 0664-100, un dispositivo da 300mA interverrebbe a fronte di una corrente di dispersione di circa 3 A a 4kHz. Nonostante questo valore sia elevato, è garantita comunque un'adeguata protezione in quanto la pericolosità della corrente elettrica diminuisce all'aumentare della frequenza. Ciò accade perché la corrente tende ad addensarsi negli stati superficiali dei tessuti del corpo (effetto pelle) evitando di interessare gli organi vitali.
I nuovi differenziali di tipo B+ sono invece studiati per garantire anche la prevenzione di eventuali incendi provocati da guasti elettrici (Come richiesto dalla CEI 64-8 Art. 751.04.2.7). La caratteristica d'intervento è conforme alla VDE 0664-110, che impone l'intervento del dispositivo di protezione entro la soglia limite di 420mA per forme d'onda fino a 20kHz. Questa nuova tipologia di interruttori differenziali garantisce quindi un intervento sicuro e affidabile in ogni situazione.

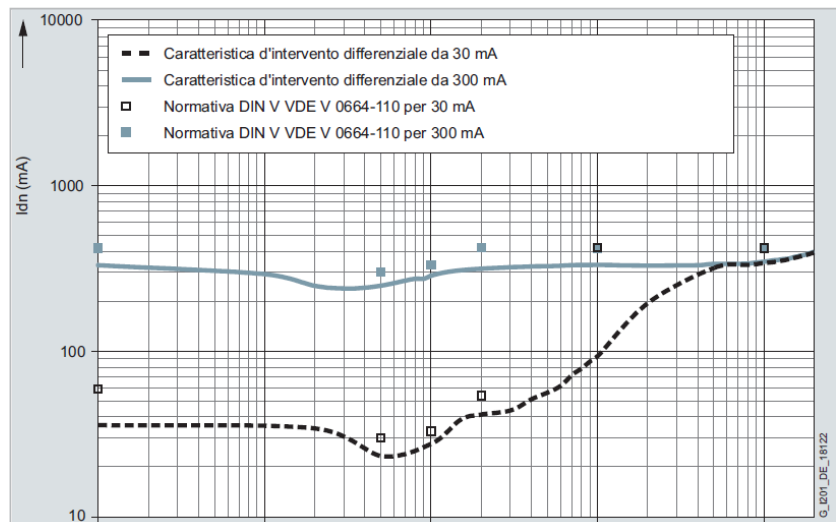



Figura 6b: Tipo B+ Correnti di sgancio in funzione della frequenza

2.4.3 Interruttori differenziali Tipo AC/A/F

Installazione convenzionale

A valle degli interruttori differenziali per ogni fase sono inseriti più interruttori magnetotermici. L'interruttore differenziale prende in carico la protezione della persona dai contatti diretti e indiretti. L'interruttore magnetotermico evita guasti sulla linea causati da sovraccarico o cortocircuito.

Lo sgancio dell'interruttore differenziale a causa di un guasto verso terra in uno dei circuiti elettrici a valle fa sì che anche tutti gli altri circuiti elettrici, anche quelli senza guasto, vengano sezionati e messi fuori tensione. Il funzionamento di queste parti di impianto riprende solo dopo l'eliminazione del guasto. Con questo tipo di installazione si deve tener conto dei seguenti punti:

– per un corretto dimensionamento dell'impianto, bisogna fare attenzione a non sovraccaricare l'interruttore differenziale, considerando con attenzione tutti i vari carichi a valle. (vedi la sezione 3.5).

Installazione con interruttori magnetotermici differenziali

Gli interruttori magnetotermici differenziali nell'esecuzione 1P+N consentono un nuovo modo di eseguire l'installazione. Ogni singolo circuito dispone di un proprio interruttore magnetotermico differenziale, che prende in carico la protezione della persona, la protezione da sovraccarico e la protezione da cortocircuito. In caso di guasto viene disinserito solo il circuito elettrico interessato. L'eventuale interruttore differenziale **S** selettivo montato a monte garantisce selettività nell'impianto.

Questa installazione offre numerosi vantaggi a chi pianifica l'impianto e all'utilizzatore:

– Gli interruttori magnetotermici differenziali proteggono se stessi dal sovraccarico, non risulta perciò possibile un sovraccarico non voluto dovuto a correnti di carico elevate.
– Gli interruttori magnetotermici differenziali proteggono se stessi dal sovraccarico, non risulta perciò possibile un sovraccarico non voluto dovuto a correnti di carico elevate.
– In caso di guasto verso terra, sovraccarico o corto circuito, viene disinserito solo il circuito interessato. Tutti i circuiti senza guasti continuano a restare sotto tensione. La selettività dell'impianto è corrispondentemente elevata.
– L'impiego degli interruttori magnetotermici differenziali per ogni circuito elettrico soddisfa ampiamente anche le richiesta della norma CEI 64-8:2012 Sez. 37 (Ambienti residenziali. Prestazioni d’impianto)

Per il quale è richiesta la presenza di almeno 2 interruttori differenziali in parallelo, in tutti gli impianti domestici.
Impiegando su ogni linea un magnetotermico differenziale si ottiene una situazione di ottimo sia per la protezione che per la semplicità nella ricerca e individuazione del guasto.

2.4.4 Blocchi differenziali per il montaggio con interruttori magnetotermici

I blocchi differenziali possono essere assemblati agli interruttori magnetotermici e presentano poi la stessa funzionalità degli interruttori magnetotermici differenziali prodotti in fabbrica.
Grazie alla vasta gamma di versioni di blocchi differenziali e interruttori magnetotermici, possono essere create un elevato numero di combinazioni. Questo offre importanti vantaggi:

- elevata flessibilità nell'applicazione
- combinazione da parte del cliente delle proprietà degli apparecchi costituiti da blocco differenziale (corrente differenziale nominale, tipo, esecuzione, ecc.) ed esecuzione magnetotermica (corrente nominale, caratteristiche, potere di interruzione, ecc.)
- la combinazione di apparecchi garantisce una protezione completa.

2.4.5 Interruttori differenziali per ambienti aggressivi, Tipo [i]

Nell'impiego di interruttori differenziali in condizioni ambientali difficili, con alta concentrazione nell'aria di gas corrosivi, come ad esempio:

- piscine coperte (gas di cloro; ozono),
- ambienti rurali (ammoniaca),
- ambienti industriali (biossido di zolfo)

gli interruttori differenziali vengono chiaramente molto sollecitati.
Su tutte le parti metalliche e quindi anche sulle superfici metalliche del relè di sgancio questi gas insieme con l'umidità dell'aria agiscono in modo corrosivo.

Negli interruttori differenziali per ambienti aggressivi, che sono contrassegnati con il simbolo [i] è presente, per tale tipo di problematica, un dispositivo brevettato che evita la formazione della condensa, allungando notevolmente la vita dei differenziali. Questo dispositivo provoca il riscaldamento diretto del relè di sgancio in modo da ottenere, con una potenza minima, una temperatura leggermente aumentata sulle parti metalliche. In questo modo viene evitata la condensazione dell'aria umida in cui si sono accumulati gas dannosi, e così non possono sorgere i relativi effetti corrosivi. Ciò comporta una maggiore durata degli apparecchi.
Per il riscaldamento è necessaria una tensione di alimentazione. Per garantire l'attivazione del riscaldamento, anche nel caso in cui l' interruttore differenziale dovesse rimanere per diverso tempo disinserito, bisogna prestare attenzione al lato di alimentazione. Per attivare il riscaldamento bisogna alimentare il differenziale dal basso.
La funzione di protezione dell'interruttore differenziale poi, come previsto dalla norma di prodotto, è assolutamente indipendente dalla tensione di rete.

2.4.6 Tipo [K] e Tipo [G], Antidisturbo con breve ritardo.

Nell'ottica delle prescrizioni pertinenti sono solo due le esecuzioni degli apparecchi: non ritardata e selettiva. Perciò le esecuzioni K e G realizzano i tempi di disinserzione massimi ammissibili per apparecchi non ritardati. I dispositivi di protezione differenziali del Tipo [K] o [G] nella loro disinserzione sono leggermente ritardati (ca. 10 ms per correnti di guasto elevate). I tempi di disinserzione delle esecuzioni [K] o [G] sono quindi leggermente più lunghi rispetto agli apparecchi standard: ad es. per correnti di guasto > 5 Idn: ca. 30 ms invece di ca. 10–15 ms. Essi rispettano quindi i massimi tempi di disinserzione ammissibili (40 ms) per le esecuzioni standard (vedi Figura 7). Essi sono contrassegnati con il simbolo [K] o [G].

La particolare esecuzione costruttiva del circuito di sgancio, rende meno sensibile questo differenziale ai disturbi dovuti a correnti di dispersione transitorie. Rispetto all'esecuzione standard (1kA), la resistenza alla corrente impulsiva è aumentata a 3kA (forma della corrente 8/20 μs, vedi la Figura 9). Inoltre questi interruttori differenziali sono insensibili a brevi correnti di dispersione ad impulso, come nascono ad esempio all'inserzione di condensatori negli alimentatori o nei filtri.

2.4.7 Tipo [S], selettivo

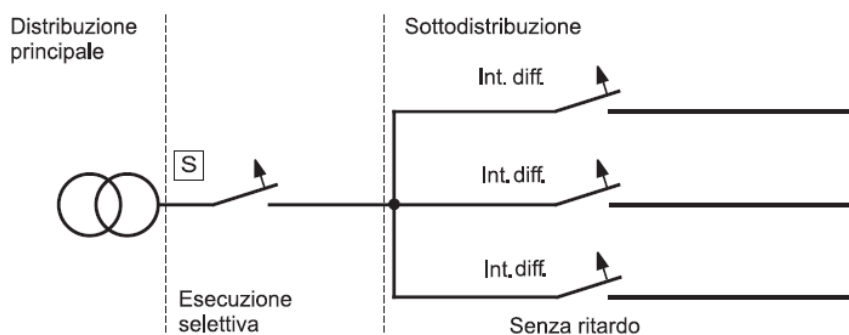
Nel collegamento in serie di interruttori differenziali, per ottenere in caso di guasto una disinserzione selettiva, gli apparecchi devono essere selettivi sia nella corrente differenziale nominale $I_{\Delta n}$ sia nel tempo di sgancio. I diversi tempi di sgancio ammessi negli interruttori differenziali standard e selettivi sono indicati nella Figura 7. In questa figura è presente anche un'opportuna graduazione delle correnti di guasto nominali. Interruttori differenziali selettivi del Tipo [S] presentano inoltre una resistenza alla corrente impulsiva molto elevata, pari a 5 kA (forma di corrente 8/20 µs). Essi sono contrassegnati con il simbolo [S].

Interruttore differenziale a monte per disinserimento selettivo [S]		Interruttore differenziale a valle o		
			esecuzione non ritardata	esecuzione con breve ritardo [K]
$I_{\Delta n}$	Tempo di disinserimento (con $5I_{\Delta n}$)	$I_{\Delta n}$	Tempo di disinserimento (con $5I_{\Delta n}$)	Tempo di disinserimento (con $5I_{\Delta n}$)
300 mA	60...110 ms	10 mA, 30 mA o 100 mA	< 20 ms[1)]	20...< 40 ms
500 mA		10 mA, 30 mA o 100 mA		
1000 mA		10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA o 500 mA		

Figura 7: Tipologie di interruttori differenziali e loro tempi di sgancio

2.4.8 Esecuzioni per 50 ... 400 Hz

In conseguenza del loro principio di funzionamento, gli interruttori differenziali nella loro esecuzione standard presentano il massimo grado di efficienza nella rete a 50/60 Hz. Anche le prescrizioni degli apparecchi e le condizioni di sgancio si riferiscono a questa frequenza. Con la frequenza in aumento diminuisce normalmente la sensibilità. Per casi applicativi in reti fino a 400 Hz (ad es. industria) per poter realizzare una protezione attiva dalla corrente dispersione, occorre utilizzare gli apparecchi adatti.

Questi tipi di interruttori differenziali soddisfano fino alla frequenza indicata le condizioni di sgancio ed offrono la corrispondente protezione.

2.4.9 Esecuzioni per tensione di esercizio 500 V

Le esecuzioni standard degli interruttori differenziali con le loro distanze di isolamento superficiali ed in aria sono adatte per reti fino a 240/415 V in corrente alternata. Per reti fino a 500 V sono fornibili opportuni dispositivi di protezione differenziali.

2.5 Accessori per interruttori differenziali

2.5.1 Comando motorizzato

Alcuni campi di applicazione sono rappresentati da industrie con grandi superfici oppure non presidiate permanentemente, come ad esempio impianti di trattamento acque o stazioni radio così come impianti automatici per la gestione dell'energia e della gestione aziendale. L'impiego del Comando motorizzato consente all'utente, tramite un pulsante opportunamente collegato a esso, un accesso diretto e immediato all'impianto anche da postazioni remote o difficilmente raggiungibili. In particolare una rapida reinserzione dopo un guasto offre risparmi di tempo e costi. Il modo di funzionamento del comando motorizzato è selezionabile dal fronte dell'apparecchio tramite un apposito selettore meccanico. Nella posizione "OFF", il comando motorizzato è completamente disinserito, non può essere azionato nè manualmente nè elettricamente.

Figura 8: Comando motorizzato con interruttore differenziale

In questa posizione è anche possibile lucchettare il comando. In posizione "RC OFF", il comando può essere azionato solo manualmente. In posizione "RC ON" è possibile azionare il comando sia manualmente che elettricamente. Nel caso di uno sgancio per

guasto, le leve di comando del differenziale e del comando motorizzato, che sono collegate, assumono la posizione di OFF. Per poter reinserire il differenziale, bisogna effettuare un reset del comando motorizzato (comando OFF).

2.5.2 Contatti ausiliari

I contatti ausiliari vengono normalmente aggiunti dal cliente all'interruttore differenziale. Servono per segnalare lo stato dei contatti dell'interruttore differenziale. Per questo sono disponibili diverse esecuzioni.

3 Avvertenze di installazione e di impiego

3.1 Avvertenze generali

Gli interruttori differenziali possono essere combinati con tutti gli altri apparecchi di protezione. In un impianto esistente e dotato di altri dispositivi di protezione, la protezione differenziale può essere utilizzata per l'intero impianto oppure per parte di esso.

Ogni protezione già esistente in un impianto, può essere dotata della protezione differenziale in modo semplice.

Utilizzando un interruttore differenziale occorre comunque collegare un adeguato cavo di protezione messo a terra alle parti dell'impianto e ai componenti da proteggere. Un flusso di corrente può quindi attraversare il corpo umano, anche soltanto in presenza di guasti o in caso di contatto accidentale di parti attive. Per ottenere al meglio un'elevata selettività e sicurezza di esercizio, occorre fare attenzione ad una ripartizione ragionata dei carichi rispetto agli apparecchi di protezione differenziale a essi dedicati. Per questo è consigliabile prevedere una combinazione di interruttori differenziali, in modo che l'intervento di un singolo dispositivo non metta fuori servizio l'intero impianto.

Per garantire una selettività di intervento, a monte di un normale interruttore differenziale, è necessario prevederne uno di tipo selettivo (Tipo S).

Con gli interruttori differenziali di tipo selettivo (Tipo S) occorre tener conto dei tempi di disinserzione previsti. Gli interruttori differenziali selettivi della Siemens soddisfano i tempi di disinserzione richiesti dalle norme (minori di 400 ms con corrente di guasto nominale nel sistema TN con U_n = 230 V).

- Per applicazioni speciali (ad es. circuiti utilizzatori alimentati da inverter) possono essere necessari interruttori differenziali del Tipo B sensibili a tutte le correnti.

3.2 Scelta della protezione differenziale adeguata

La scelta di un apparecchio di protezione differenziale deve riferirsi sia alle caratteristiche impiantistiche, sia al tipo di applicazione. Di seguito sono indicate le caratteristiche e i parametri che possono determinare questa scelta.

3.2.1 Scelta tra Tipo A, Tipo F o Tipo B

La scelta del tipo di interruttore differenziale adatto avviene secondo la Tabella 1.
Nel caso, in reti trifase, di utilizzo di apparecchiature con circuiti in ingresso, come quelli rappresentati nella Tabella 1, dal Nr. 8 al Nr. 13, diventa necessario l'impiego di interruttori differenziali (Tipo B) sensibili a tutte le correnti.

Nei casi applicativi restanti l'impiego di interruttori differenziali del Tipo A (sensibili alla corrente di tipo alternata e pulsante) è sufficiente, salvo in presenza di correnti di dispersione ad alta frequenza (tabella 1, Nr.7) per le quali la soluzione di ottimo è data dall'impiego del Tipo F.

3.2.2 Quale obiettivo di protezione si deve raggiungere?

A seconda del caso applicativo e del campo di impiego si devono rispettare gli obiettivi di protezione previsti:

- Corrente differenziale nominale $I_{\Delta n} \leq 30$ mA: con questi interruttori differenziali si garantisce, oltre alla protezione da contatto indiretto, anche un'elevata protezione in caso di contatto diretto (protezione diretta di persone) sotto forma di protezione supplementare, mediante la disinserzione al contatto con le parti attive.
- Corrente differenziale nominale $I_{\Delta n} > 30$ mA: con queste correnti differenziali si offre la protezione contro i contatti indiretti.
- Corrente differenziale nominale $I_{\Delta n} \leq 300$ mA: con queste correnti differenziali si offre la protezione contro la formazione di incendi di causa elettrica dovuti a un difetto di isolamento.

3.2.3 Quali sono le influenze dei disturbi e come vengono controllate?

3.2.3.1 Correnti di dispersione

Per correnti di dispersione si intendono correnti che scorrono verso terra senza che sussista un guasto all'isolamento. Possono presentarsi correnti di dispersione statiche o dinamiche che, in caso di superamento del valore di sgancio, causano l'intervento dell'interruttore differenziale.
Di esse quindi occorre tener conto nella scelta della corrente differenziale nominale $I_{\Delta n}$ dell'interruttore differenziale e, in caso di necessità, occorre ridurle in modo da raggiungere l'obiettivo di protezione desiderato.

- <u>Correnti statiche di dispersione</u>
  Le correnti statiche di dispersione nel funzionamento degli utilizzatori scorrono costantemente verso terra (conduttore PE) senza che esista un guasto di isolamento.
  Spesso si tratta qui di una quota elevata di correnti di dispersione che scorre tramite le capacità dei conduttori e dei filtri.
  Per un funzionamento senza problemi dei dispositivi di protezione differenziali nell'impiego pratico la corrente di dispersione statica dovrebbe essere $\leq 0,3 \times I_{\Delta n}$.

- <u>Correnti di dispersione dinamiche</u>
  Le correnti di dispersione dinamiche sono correnti verso terra (conduttore PE) che compaiono brevemente. In particolare all'inserzione di apparecchi con circuiti di filtro, queste correnti di dispersione compaiono per pochi s fino a un massimo di alcuni ms. La durata, oltre che dalla costante di tempo che si ottiene dall'impedenza del circuito, dipende in particolare dall'apparecchio di manovra con il quale il filtro viene messo
  sotto tensione. A causa dell'irregolarità di contatto dei singoli contatti di commutazione, in funzione della configurazione del filtro, compaiono brevemente elevati valori di capacità verso terra (PE) che, dopo la completa inserzione tramite un circuito a stella delle capacità, si riducono a piccole capacità residue verso terra (PE). L'intensità di queste correnti di dispersione dinamiche può valere diversi Ampère e quindi causare lo sgancio anche degli interruttori differenziali non ritardati con $I_{\Delta n}$ = 300 mA. Il valore di picco della corrente di dispersione dinamica può essere rilevato con l'oscilloscopio nel conduttore di terra (PE). Qui occorre fare attenzione alla disposizione isolata dei mezzi

operativi, così che l'intera corrente di dispersione fluisca di ritorno attraverso il percorso di misura.
In questi casi applicativi per evitare sganci non desiderati, si raccomanda l'impiego di dispositivi di protezione differenziali con breve ritardo (Tipo K o Tipo G).

3.2.3.2 Correnti di carico elevate

Anche senza correnti di dispersione si può arrivare ad un intervento non desiderato di un interruttore differenziale a causa di correnti di carico elevate (> 6 volte I_n). Tramite questi elevati picchi di corrente di carico, a causa del conduttore primario non disposto in modo assolutamente simmetrico e dell'avvolgimento secondario non completamente chiuso, si può arrivare sulla periferia del trasduttore amperometrico differenziale a magnetizzazioni diverse nel nucleo a nastro magnetico, che generano un segnale di sgancio. Un intervento non desiderato può essere provocato anche dall'induzione sui conduttori diretti al relè di sgancio di un campo magnetico esterno.

Picchi di corrente di carico elevati vengono generati in particolare in caso di avviamento diretto di motori, di lampade, avvolgimenti di riscaldamento, carichi capacitivi (capacità tra L e N), funzionamento di apparecchi medicali come la TAC, gli impianti a raggi X, ecc.

Secondo la norma di prodotto, gli interruttori differenziali sono resistenti ad uno sgancio indesiderato fino a 6 volte la corrente nominale.

3.2.3.3 Sovratensioni e carico della corrente impulsiva

In caso di temporali, sovratensioni sotto forma di onde vaganti possono penetrare, tramite la rete di alimentazione, nell'installazione di un impianto per cui i dispositivi di protezione differenziali involontariamente intervengono. Per evitare queste disinserzioni non desiderate, i nostri dispositivi di protezione differenziali vengono sottoposti ad una verifica con la forma di corrente normalizzata 8/20 (vedi Figura 9).
I nostri interruttori differenziali di Tipo A, F e B offrono in tutte le esecuzioni una resistenza alla corrente impulsiva notevolmente maggiore. Di conseguenza, in pratica, cala notevolmente la propensione a sganci inopportuni.

La resistenza alla corrente impulsiva delle singole serie di apparecchi valgono:

– Tipo AC ≥ 250 A
– Tipo A ≥ 1 kA (esecuzione speciale Antitemporale solo SIEMENS)
- Tipo F ≥ 3 kA
– con breve ritardo (Tipo **K** o **G**) ≥ 3 kA
– selettivo (Tipo **S**) ≥ 5 kA

Con questi valori già nell'esecuzione standard viene fornita un'elevata sicurezza rispetto a sganci inopportuni e diventa possibile l'impiego delle misure di protezione anche con correnti nominali di 30 mA perfino per circuiti utilizzatori particolarmente sensibili (ad es. frigoriferi).

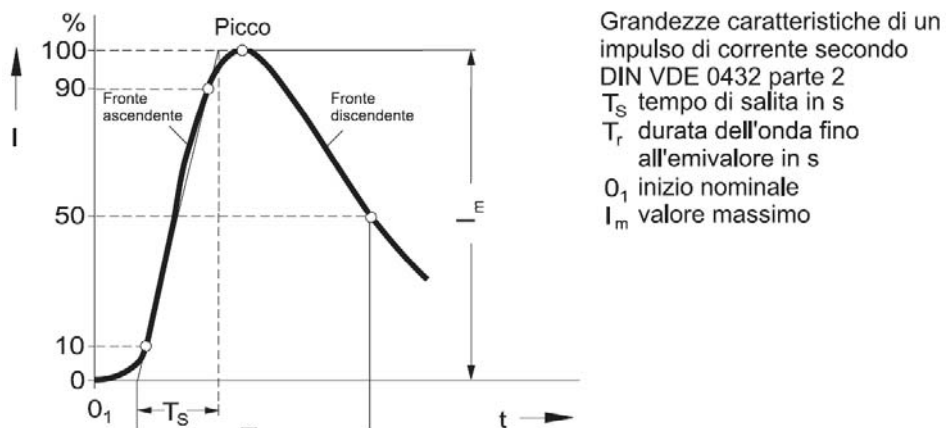



Figura 9: Forma della corrente impulsiva 8/20 µs

3.3 Particolarità nell'impiego dei dispositivi di protezione differenziali di Tipo B e B+

3.3.1 Casi applicativi

Esempi di casi applicativi nei quali possono crearsi anche correnti di guasto continue:

- convertitori di frequenza o inverter con collegamento a reti trifasi
- apparecchi medicali come apparecchi a raggi X oppure macchine per TAC
- impianti fotovoltaici oppure UPS
- comandi di ascensori
- termoconvettori
- impianti di ricerca in laboratori
- macchinari da cantiere
- stazioni di carica per carrelli elevatori a batteria
- gru di tutti tipi
- installazioni miste, se sono collegati i corrispondenti utilizzatori
- macchine utensili regolate in velocità come fresatrici, rettificatrici e torni.
- stazioni di ricarica per veicoli elettrici (modo 3) con alimentazione trifase.

3.3.2 Correnti di dispersione su diversi punti di guasto sull'esempio di un convertitore di frequenza o inverter

Il convertitore di frequenza o inverter, può essere usato come esempio tipico in cui possono crearsi correnti di dispersione con forme diverse in funzione del punto di guasto.
(vedi Figura 10).

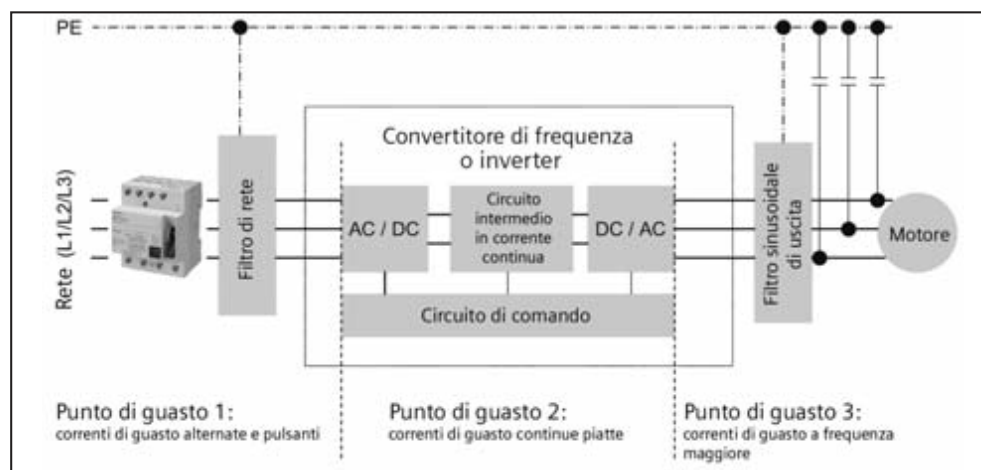



Figura 10: Circuito con interruttori differenziali di Tipo B e convertitore di frequenza o inverter

Punti di guasto nel Campo 1
(prima del convertitore di frequenza o inverter)
Tra l'interruttore differenziale e il convertitore di frequenza o inverter compaiono correnti di dispersione alternate a frequenza di rete (vedi Figura 11). Queste correnti di dispersione a 50 Hz, di forma puramente sinusoidale, sono tenute sotto controllo da tutti gli interruttori differenziali (Tipo AC, A, Fe B/B+). Al raggiungimento del valore di sgancio dell'interruttore differenziale (tra 0,5 ÷ 1 x $I_{\Delta n}$) avviene la disinserzione.

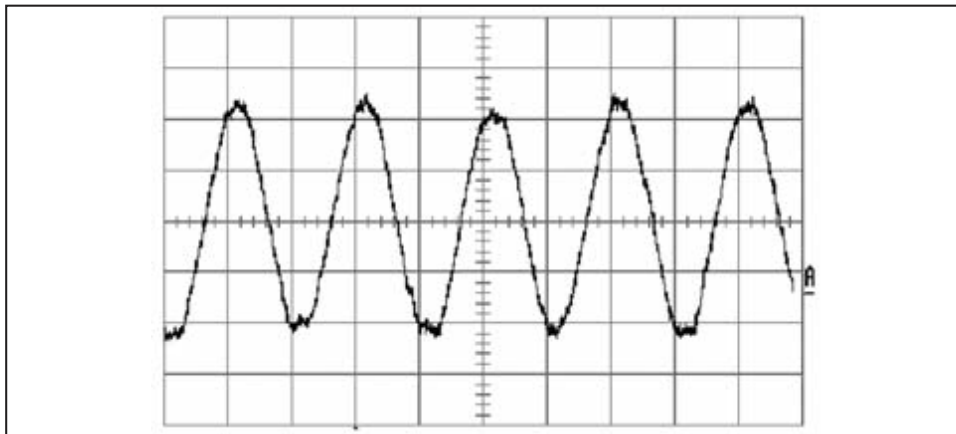



Figura 11: Corrente di dispersione nel punto di guasto 1

Punti di guasto nel Campo 2
(all'interno del convertitore di frequenza o inverter) All'interno del convertitore di frequenza o inverter (tra raddrizzatore d'ingresso ed elettronica di uscita, cioè nel circuito intermedio in corrente continua) compaiono correnti di dispersione continue pressoché piatte (vedi Figura 12). Con l'impiego un interruttore differenziale sensibile a tutte le correnti di Tipo B (tra 0,5 ÷ 2 x $I_{\Delta n}$) avviene uno sgancio affidabile.

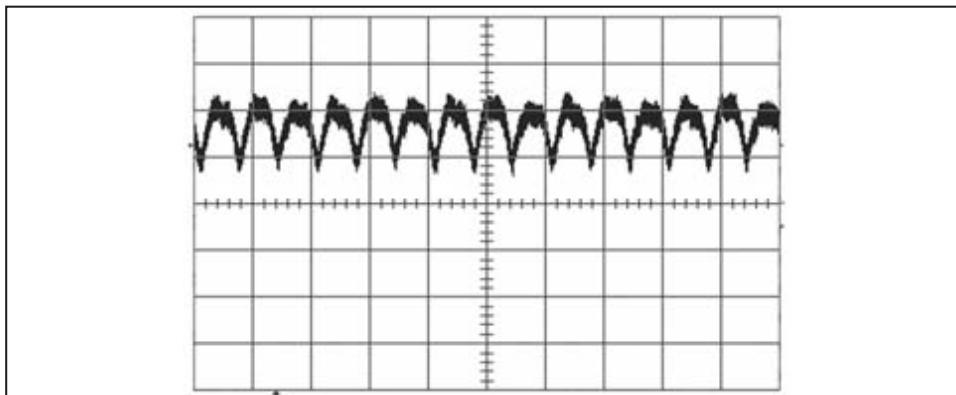



Figura 12: Forma della corrente di dispersione nel punto di guasto 2

Gli interruttori differenziali del Tipo AC/A/F in questo caso non possono offrire alcuna protezione. Non avviene alcuna disinserzione, poiché la corrente di dispersione continua non provoca alcuna variazione nel tempo dell'induzione all'interno del trasformatore dell'interruttore differenziale che funziona secondo il principio dell'induzione. Inoltre una corrente di dispersione di tipo continuo in conseguenza di un guasto presente nell'isolamento provoca una premagnetizzazione del materiale del trasformatore dell'interruttore differenziale non Tipo B. Questo può persino provocare che un interruttore differenziale di Tipo AC/A/F, in presenza di una corrente di dispersione che solitamente provocherebbe l'intervento del differenziale, non possa più sganciare.
In questi casi la funzione di protezione non è più garantita.

Punti di guasto nel Campo 3 (dopo il convertitore di frequenza)

Dall'uscita del convertitore di frequenza o inverter fino al motore compaiono correnti di dispersione alternate che si scostano dalla frequenza di rete e dalla forma sinusoidale. Si tratta quindi di un misto di frequenze con componenti diverse delle singole frequenze (vedi Figura 13).
In funzione del tipo di funzionamento del convertitore di frequenza o inverter si può arrivare anche a correnti di guasto di tipo continuo.

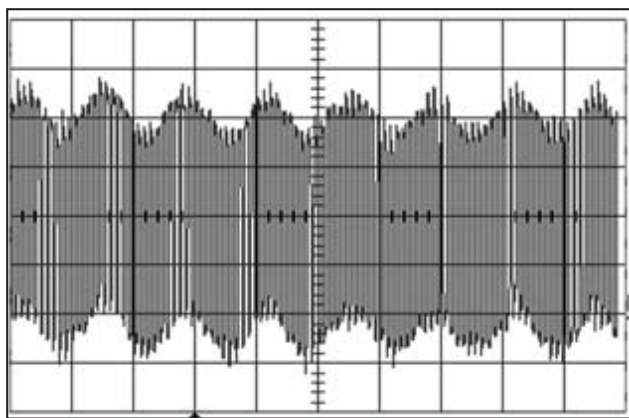



Figura 13: Forma della corrente di dispersione nel punto di guasto 3

Gli interruttori differenziali del Tipo A, corrispondentemente alla norma di prodotto, sono adatti solo al rilevamento di correnti di dispersione a 50/60 Hz.

Per componenti di frequenza elevate della corrente di dispersione, il valore di sgancio sale in modo indefinito. L'azione di protezione

desiderata nella maggioranza dei casi non viene più fornita. Per gli interruttori differenziali del Tipo B sono definite condizioni di sgancio per frequenze fino a 2 kHz. In questa situazione una completa protezione antincendio è garantita solo dai differenziali di Tipo B+ (con curva caratteristica in frequenza piatta fino a 20kHz)

Componenti di frequenza nella corrente di dispersione di un convertitore di frequenza

Per poter giudicare l'effetto di protezione dell'interruttore differenziale nell'impiego con un convertitore di frequenza o inverter oltre al comportamento di sgancio dell'interruttore differenziale, occorre tener conto anche delle componenti di frequenza della corrente di dispersione.

Le componenti importanti della frequenza presenti nel punto di guasto 3:

- frequenza di clock del convertitore di frequenza o inverter (alcuni kHz)
- frequenza del motore (per lo più 0 ÷ 50 Hz, max. fino a 1 kHz)
- 3ª armonica di 50 Hz (150 Hz nel collegamento trifase del convertitore di frequenza o inverter).

La Figura 14 mostra ad esempio le componenti delle singole frequenze che scorrono lungo una resistenza di guasto da 1 kOhm nel campo del punto di guasto 3 (vedi Figura 10).

Con l'aumentare della frequenza del motore diminuisce la componente della frequenza di clock nella corrente di dispersione complessiva, mentre aumenta la componente della frequenza del motore.
Questo comportamento è rappresentativo per convertitori di frequenza o inverter in diverse esecuzioni.

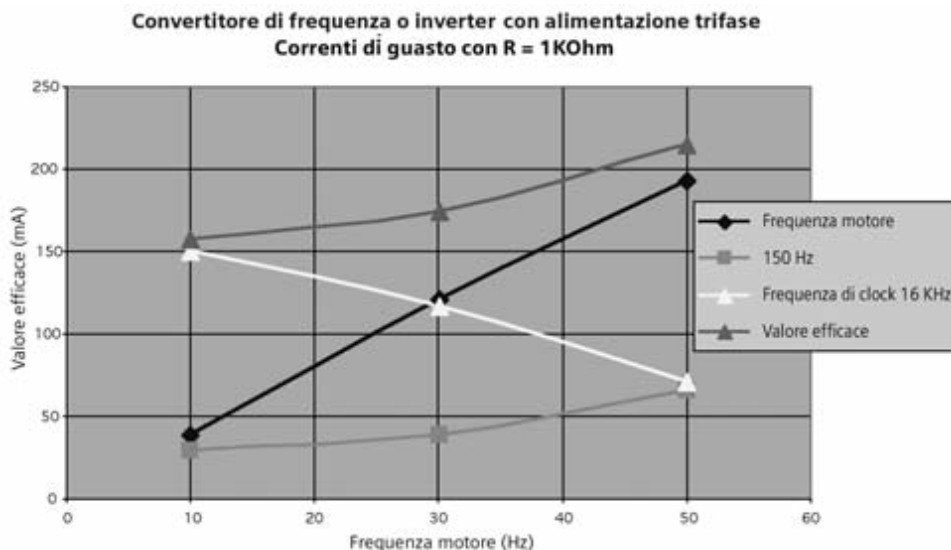



Figura 14: Componenti di frequenza della corrente di dispersione nell'esempio di un convertitore di frequenza o inverter

3.3.3 Progettazione

I dispositivi di protezione differenziali di Tipo B devono essere impiegati se, nel funzionamento di convertitori di frequenza trifase, in caso di guasto possono crearsi anche correnti di dispersione di tipo continuo (Circuiti elettronici dal Nr. 8 al Nr. 13 della Tabella 1).

I dispositivi di protezione differenziali di Tipo A/F (sensibili alle correnti di dispersione alternate e pulsanti/ corrente ad alta frequenza) in questo caso non possono essere impiegati come misura di protezione, poiché queste possibili correnti di tipo continuo possono pregiudicare il loro funzionamento e lo sgancio, in modo che non siano più in grado di intervenire
anche in presenza di correnti di dispersione per i quali essi sono predisposti.

Per questi motivi, in un impianto con interruttori differenziali di varie tipologie, bisogna assicurarsi che i Tipo B/B+ vengano inseriti a monte dei Tipo AC/A/F. (vedi l'esempio di progettazione nella Figura 15).

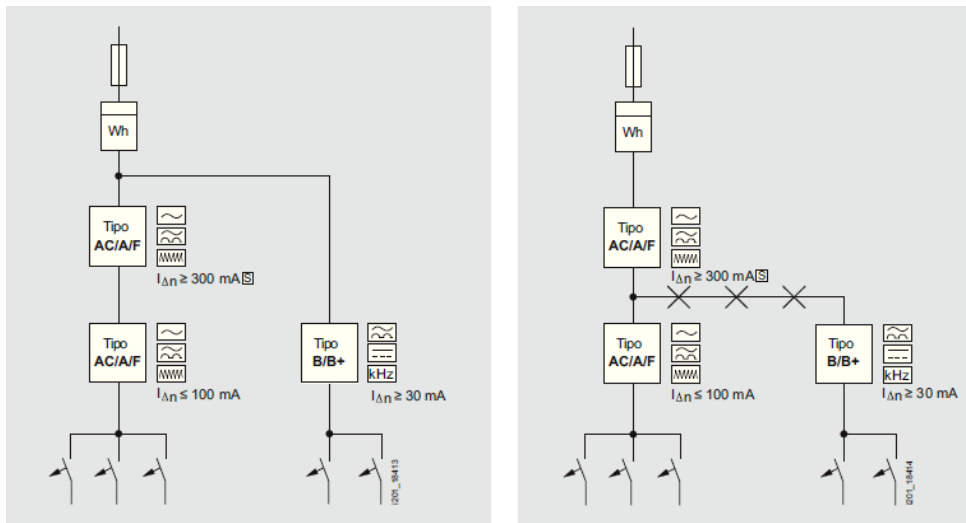



Figura 15: Esempio di progettazione con interruttori differenzialii

3.3.4 Cause delle correnti di dispersione eccessive e possibili rimedi.

Cause delle correnti di dispersione	Effetto
Capacità del filtro (ingresso) EMC tra conduttore di fase e conduttore di terra (PE)	Correnti di dispersione dinamiche e statiche elevate
Capacità del cavo	Prevalenza di correnti di dispersione statiche
Simmetrie di inserzione e disinserzione	Possibilità di correnti di dispersione dinamiche elevate
Somma di correnti di dispersione con il collegamento di più utilizzatori (in particolare convertitore di frequenza o inverter) ad un interruttore differenziale	Correnti di dispersione dinamiche e statiche elevate
Frequenza di clock del convertitore di frequenza o inverter	Correnti di dispersione statiche attraverso la capacità del cavo
Rapporti di messa terra	Correnti di dispersione statiche
Componente delle armoniche della tensione di uscita del convertitore di frequenza o inverter	Correnti di dispersione statiche attraverso la capacità del cavo

Rimedi

Impiego di filtri con piccole correnti di dispersione.
Chiarimento con il costruttore del convertitore di frequenza o inverter se in singoli casi è possibile rinunciare parzialmente o totalmente ai filtri di ingresso EMC, per esempio nell'impiego di filtri sinusoidali lato uscita.

Scegliere conduttori con una limitata capacità conduttore-terra.
Evitare di impiegare i conduttori schermati, ad es. se i requisiti EMC vengono soddisfatti anche con conduttori non schermati (con filtri sinusoidali in uscita).
Ridurre al minimo le lunghezze dei conduttori (con la lunghezza del conduttore, corrispondentemente alla quota di capacità per metro, aumenta la capacità complessiva e quindi la corrente di dispersione che scorre verso terra (PE) (corrente di dispersione dei conduttori schermati da ca. 0,2 mA/m a 1 mA/m).
Collegare lo schermo del conduttore secondo le indicazioni del costruttore del convertitore di frequenza o inverter.

Evitare l'impiego di apparecchi di manovra manuali per le commutazioni di esercizio, in modo che le asimmetrie di inserzione e disinserzione rimangano strettamente limitate nel tempo.
Impiego di contattori multipolari e apparecchi di manovra con commutatore a scatto.

Suddivisione dei circuiti con l'impiego di più interruttori differenziali.
Non mettere in funzione contemporaneamente più convertitori di frequenza o inverter collegati a un unico interruttore differenziale.
Utilizzare un filtro EMC comune per più utilizzatori
(la corrente di dispersione è per lo più inferiore alla somma dei singoli filtri).

Scegliere possibilmente una frequenza di clock superiore ai 4 kHz. Frequenze di clock superiori causano, in effetti, per prima cosa, maggiori correnti di dispersione capacitive, però diminuisce visibilmente la sensibilità degli interruttori differenziali sensibili a tutte le correnti con frequenze superiori ai 4 kHz. Complessivamente diminuisce l'effetto di corrente di dispersione sullo sgancio dell'interruttore differenziale. Fare attenzione alla sintonia con i filtri EMC (evitare la risonanza).

Possibilmente riportare tutte le correnti di dispersione al convertitore di frequenza o inverter tramite il collegamento di terra (PE), affinché le misure di filtraggio agiscano in modo ottimale e non compaiano correnti di dispersione indefinite.

Filtri sinusoidali sull'uscita del convertitore di frequenza o inverter filtrano la frequenza di commutazione e le sue armoniche in modo affidabile e creano così tensioni e correnti in uscita approssimativamente sinusoidali. Con questo è possibile soddisfare normalmente le esigenze EMC anche con conduttori non schermati. Questo comporta una notevole riduzione delle correnti di dispersione capacitive verso il convertitore di frequenza o inverter (ad es. tramite strati di capacità del conduttore). Talvolta si può persino fare a meno del filtro di rete sull'ingresso, cosa che determina una ulteriore riduzione delle correnti di dispersione statiche e dinamiche. In alternativa ai filtri sinusoidali si può, con un effetto più limitato, impiegare bobine di reattanza di uscita, filtri du/dt oppure filtri nanoperm.

3.4 Potere di interruzione nominale e corrente di cortocircuito nominale condizionata

In particolare nel sistema TN le correnti di dispersione possono raggiungere valori di centinaia di Ampère. Questo è il caso di guasti all'isolamento in un apparecchio ben collegato a terra (ad es. in un serbatoio dell'acqua calda) con una corrispondente resistenza limitata. In questi casi è inoltre possibile che, a causa dell'arco voltaico, un guasto a terra causi contemporaneamente un corto-circuito.
In entrambi i casi circola una corrente di cortocircuito attraverso il dispositivo di protezione differenziale, i cui contatti si aprono. I contatti devono sopportare questa sollecitazione. Questo richiede un potere di interruzione nominale corrispondentemente alto.

Con l'impiego del conduttore di neutro come conduttore di protezione, in caso di guasto, le correnti di dispersione da corto-circuito in un sistema T richiedono che i dispositivi differenziali in collegamento con un fusibile di back-up siano adatti ad una corrispondente corrente di cortocircuito nominale. La corrente di cortocircuito nominale della combinazione tra fusibile e interruttore differenziale è rilevabile dal valore di potere di interruzione del fusibile.

Normalmente gli interruttori differenziali Siemens con il corri-spondente fusibile di back-up hanno una corrente di cortocircuito nominale condizionata di 10 kA. Il valore di cortocircuito del fusibile fa riferimento alla clesse di impiego gL/gG.
Nell'impiego di interruttori magnetotermici o interruttori automa-tici, a causa degli elevati valori di transito fino alla disinserzione del circuito risultano talvolta valori nominali chiaramente più bassi.
Non è possibile fornire una indicazione diretta per la corrente nominale ammissibile degli interruttori magnetotermici o automatici a causa delle diverse esecuzioni e delle caratteristiche di intervento (A, B, C, D) molto diverse tra loro.
Si evita un sovraccarico dell'interruttore differenziale se non vengono superati i seguenti valori (le indicazioni valgono per la serie costruttiva 5SM3 fino a 80 A):
valore di disinserzione I^2t: 70.000 A2s
valore di picco della corrente: 7.500

Il potere di interruzione nominale Im degli apparecchi in corrispondenza alle prescrizioni valide per gli apparecchi (CEI EN 61 008-1/ IEC 61008-1) ammonta prevalentemente a 800 A e quindi per apparecchi con corrente nominale fino a 63 A si trova chiaramente sopra la richiesta minima di 500 A oppure 630 A (vedi Tabella 3).

Corrente nominale dell'interruttore differenziale		Potere d'interruzione nominale I_m secondo CEI EN 61 008 (VDE 0664) con periodo reticolo di 35 mm	Max. protezione contro il cortocircuito del fusibile NH, DIAZED e NEOZED Classe d'impiego gL/gG per interruttore differenziale	
Tipo A, F			125 V c.a. fino a 400 V	500 V c.a.
A		A	A	A
16 - 40	2 u.m.	500	63	-
63	2,5 u.m.	800	100	-
80	2,5 u.m.	800	100	-
25	4 u.m.	800	100	63
40	4 u.m.	800	100	63
63	4 u.m.	800	100	63
80	4 u.m.	800	100	-
125	4 u.m.	1250	125	-
Tipo B				
25 - 80	4 u.m.	800	100	-

Tabella 3: Potere di interruzione nominale max. e fusibili di back-up di cortocircuito ammissibili

3.5 Scelta della corrente nominale

La protezione da sovraccarico termico di un interruttore differenziale deve essere realizzata tramite una pianificazione scrupolosa dei circuiti utilizzatori a valle dell'interruttore differenziale. Perciò occorre garantire che

– la corrente nominale del fusibile a monte non sia maggiore della corrente nominale dell'interruttore differenziale; oppure...

– la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione da sovracorrente, inseriti a valle dell'interruttore differenziale, raggiunga max. l'intensità della corrente nominale dell'interruttore differenziale; oppure...

– con la presa in esame dei fattori di carico nominali (fattori di contemporaneità), per i circuiti collegati, sia garantito che non venga superata per lungo tempo la corrente nominale dell'interruttore differenziale.

Le tabelle 4 e 5 forniscono i fattori di calcolo della corrente nominale.

Gruppi di utilizzatori	**Palazzi di uffici**	**Ospedali**	**Grandi magazzini**
Illuminazione	0,85 … 0,95	0,7 … 0,9	0,85 … 0,95
Impianto di condizionamento	1	0,9 … 1	0,9 … 1
Cucine	0,5 … 0,85	0,6 … 0,8	0,6 … 0,8
Ascensori/scale mobili	0,7… 1	0,5 … 1	0,7 … 1
Prese	0,1 … 0,15	0,1 … 0,2	0,2

Tabella 4: Fattori di calcolo della corrente nominale in funzione dei diversi gruppi di utilizzatori

Numero dei circuiti principali	**Fattore di carico**
2 e 3	0,9
4 e 5	0,8
6 e 7	0,7
10 e piú	0,6

Tabella 5: Fattori di calcolo della corrente nominale in funzione del numero di circuiti principali

La seguente Tabella 6 fornisce le raccomandazioni per l'abbinamento del dispositivo di protezione da sovracorrente con un interruttore differenziale avente per riferimento un fattore di carico nominale = 1

Corrente nominale del dispositivo di protezione differenziale 5SM3... a 2 e 4 poli	Interruttore magneto-termico con una sezione minima di collegamento		Min. sezione di collegamento fusibile NH, NEOZED, DIAZED	
I_n (A)	I_n (A)	A (mm²)	I_n (A)	A (mm²)
16 (5SM3..)	16	2,5	16	2,5
25 (5SM3..)	25	4,0	25	4,0
40 (5SM3..)	40	10,0	40	10,0
63 (5SM3..)	63	16,0	63	25,0
80 (5SM3..)	80	25,0	63	16,0
125 (5SM3..)	100	50,0	100	50,0

Tabella 6: Abbinamento del dispositivo di protezione da sovracorrente con un interruttore differenziale

Nell'utilizzo di questa tabella occorre fondamentalmente tener conto che:

– La corrente nominale dell'interruttore differenziale vale come corrente permanente di esercizio massima ammissibile e che la sua durata non deve essere superata.
– Gli organi di protezione indicati per la protezione da sovraccarico termico devono solo servire, in condizioni di impianto non previste e non ammissibili, a proteggere da danni il dispositivo di protezione differenziale.
  Gli apparecchi sono dimensionati per correnti di carico superiori di breve durata.
– Con il valore del fusibile di back-up (da 63 A fino a 125 A) indicato nella targhetta identificativa viene garantita esclusivamente la protezione da cortocircuito dell'interruttore differenziale (vedi la sezione 3.4).

Nell'impiego di interruttori magnetotermici differenziali vengono a mancare queste considerazioni relativamente al carico termico. La parte magnetotermica con il suo sganciatore termico garantisce la protezione da sovraccarico.

3.6 Ricerca dei guasti

Se un dispositivo di protezione differenziale interviene, è possibile provvedere alla ricerca dei guasti utilizzando, come riferimento, il diagramma seguente (Figura 16).

Figura 19: Diagramma per la ricerca dei guasti

3.7 Misura delle correnti di dispersione

Scatti indesiderati del dispositivo differenziale possono avvenire come conseguenza di una errata progettazione dell'impianto, con per esempio un grande numero di utilizzatori elettrici (crescenti correnti di dispersione in esercizio) o utilizzatori con elevate correnti di dispersione.

Un'indicazione per prevenire scatti indesiderati dei dispositivi di protezione differenziali, è quella di avere una corrente di dispersione nell'impianto, in assenza di guasti, inferiore a un 0,33-esimo della corrente differenziale.

3.8 Interruttori differenziali quadripolari in una rete tripolare

Gli interruttori differenziali in esecuzione quadripolare (3P+N) possono essere utilizzati anche come tripolari. Il collegamento delle 3 fasi, in una rete tripolare, deve essere eseguito collegandosi ai morsetti 1, 3 e 5 in ingresso e 2, 4 e 6 in uscita. Questo collegamento non pregiudica il funzionamento dell'apparecchio. Per garantire il funzionamento del tasto di prova, occorre realizzare un ponticello tra i morsetti 1 e N, come indicato nello schema riportato di seguito.

4 Panoramica

In virtù del loro elevato livello di protezione, i dispositivi di protezione differenziali vengono sempre più richiesti negli impianti.

L'ampio impiego di dispositivi di protezione differenziali per la protezione degli utilizzatori più diversi richiede prestazioni sempre maggiori al funzionamento degli apparecchi. L'impiego di dispositivi di protezione differenziali sensibili a tutte le correnti (Tipo B), di quelli con breve ritardo (Tipo K) e di quelli per ambienti aggressivi (Tipo i) offre esempi di diverse tipologie di interruttori, che soddisfano esigenze diverse, destinate a crescere nel tempo.

In alcuni casi è previsto l'utilizzo di interruttori magnetotermici differenziali, realizzati sia in esecuzione compatta, sia dall'assemblaggio tra blocco differenziale e interruttore magnetotermico.

Nell'ottica di un'installazione elettrica moderna, l'utilizzo di interruttori magnetotermici differenziali in qualsiasi tipo di circuito, garantisce la protezione combinata, sia magnetica, sia termica e sia differenziale, a tutela dell'impianto elettrico e dell'incolumità delle persone utilizzatrici.

Differenziali di Tipo B e B+

La soluzione tecnica pi½ avanzata per tutte le tipologie di corrente di dispersione.
Disponibili in versione differenziale puro 2P e 4P fino a 80A, e in versione magnetotermico differenziale da 100-125A 4P.

Differenziali di Tipo F

Idonei alla protezione di convertitori di frequenza monofase.
Disponibili in versione differenziale puro 2P e 4P fino a 63A, blocco differenziale e magnetotermico differenziale 1P+N

Differenziali per Ambienti Aggressivi Tipo I

Adatti per l'installazione nelle situazione ambientali pi½ estreme.
Disponibili in versione differenziale puro 2P e 4P

Differenziali Antidistrurbo Tipo K e Tipo G

Eliminano gli scatti indesiderati garantendo la massima sicurezza e continuit¨ di servizio.
Disponibili in versione differenziale puro 2P e 4P fino a 63A, blocco differenziale e magnetotermico differenziale 1P+N

Appendice

A.1 Concetti e definizioni

- Conduttori di fase (Simbolo L1, L2, L3),

  Conduttori che collegano la fonte di energia elettrica con gli utilizzatori, ma che non partono dal punto centrale oppure dal centro stella.

- Conduttore di neutro (Simbolo N)

  Conduttore collegato con il punto centrale oppure centro stella e adatto a contribuire al trasferimento dell'energia elettrica.

- Conduttore di terra (Simbolo PE)

  Conduttore necessario per alcune misure di protezione contro correnti pericolose per il corpo umano, per stabilire un collegamento elettrico ad una delle seguenti parti:
  - corpi dei mezzi operativi elettrici
  - parti conduttrici esterne
  - morsetto principale di messa a terra
  - dispersore di terra
  - punto messo a terra della fonte di energia elettrica oppure centro stella artificiale

- Conduttore PEN

  Conduttore messo a terra che contemporaneamente svolge le funzioni del conduttore di protezione e del conduttore di neutro.

- Tensione nominale (di un impianto)

  Tensione tramite la quale si contraddistingue un impianto oppure una parte di impianto.

- Tensione di contatto

  Tensione che può sorgere tra due parti che possono essere toccate contemporaneamente durante un guasto dell'isolamento.

- Parte attiva

  Conduttore o parte conduttrice che, nel funzionamento senza anomalie, è destinato ad essere sotto tensione, compreso il conduttore di neutro, ma convenzionalmente non il conduttore PEN.

- **Corpo di un mezzo elettrico operativo**

  Parte conduttrice di un mezzo elettrico operativo che può essere toccata; normalmente non si trova sotto tensione, ma in caso di guasto può essere sotto tensione.

- **Shock elettrico**

  Effetto patofisiologico che viene causato da una corrente elettrica che attraversa il corpo di una persona o di un animale.

- **Protezione addizionale**

  Misura aggiuntiva per la limitazione di pericoli per persone e animali; pericoli che possono crearsi in caso di inefficacia delle protezioni.

- **Protezione di base**

  Protezione contro lo shock elettrico in assenza di guasti. La protezione di base corrisponde in generale alla protezione contro il contatto diretto.

- **Protezione dai guasti**

  Protezione contro lo shock elettrico nelle condizioni di un guasto singolo (ad es. isolamento di base danneggiato) La protezione dai guasti corrisponde in generale alla protezione contro il contatto indiretto.

- **Contatto diretto**

  Contatto di parti attive da parte di persone o animali (animali domestici).

- **Contatto indiretto**

  Contatto con corpi di mezzi elettrici operativi che in conseguenza di un guasto sono sotto tensione, da parte di persone o animali (animali domestici).

- **Corrente pericolosa attraverso il corpo**

  Corrente che attraversa il corpo di una persona oppure di un animale e che presenta caratteristiche che normalmente generano un effetto pato-fisiologico (dannoso).

- **Corrente di dispersione (di un impianto)**

  Corrente che scorre in un circuito senza guasti verso terra oppure verso una parte conduttrice esterna.

- Corrente differenziale

  Somma dei valori istantanei delle correnti che in un punto di un impianto elettrico scorrono attraverso tutte le parti conduttrici di un circuito.

- Corrente di esercizio

  Corrente che deve scorrere nel circuito con il funzionamento senza anomalie.

- Terra

  Terreno conduttore il cui potenziale elettrico convenzionalmente può essere posto uguale a zero in ogni punto.

- Dispersore di terra

  Parte conduttrice oppure diverse parti conduttrici che hanno un buon contatto con la terra e che formano con questa un collegamento elettrico.

- Resistenza complessiva di messa a terra

  Resistenza tra il morsetto principale / la barra di messa a terra e la terra.

A.2 Sistemi di rete e dispositivi di protezione

I sistemi di rete sono contraddistinti da abbreviazioni, dove le singole lettere hanno il seguente significato:

1ª. lettera = Rapporti di messa terra della fonte di energia elettrica

T Messa a terra diretta di un punto.

I Isolamento di tutte le parti attive dalla terra oppure di un collegamento di un punto con la terra tramite un' impedenza.

2ª. lettera = Rapporti di messa a terra dei corpi degli impianti elettrici

T Corpo messo a terra direttamente, indipendentemente dalla messa a terra esistente.

N Corpo collegato direttamente con il dispersore di terra di esercizio (nelle reti a corrente alternata il punto di messa a terra è in generale il centro stella).

Ulteriori lettere = Disposizione del conduttore neutro e del conduttore di protezione nel sistema TN

S Funzione di conduttore di neutro e conduttore di protezione tramite conduttore separato.

C Funzione di protezione del conduttore di neutro e del conduttore di protezione combinata in un unico conduttore (conduttore PEN).

A.2.1 Sistema TN

Tutti i corpi dell'impianto devono essere collegati tramite il conduttore di protezione con il punto di messa a terra della rete di alimentazione, che deve essere messa a terra sul rispettivo trasformatore o generatore oppure nelle sue vicinanze. Le figure A1, A2, A3 mostrano le diverse esecuzioni del sistema TN.

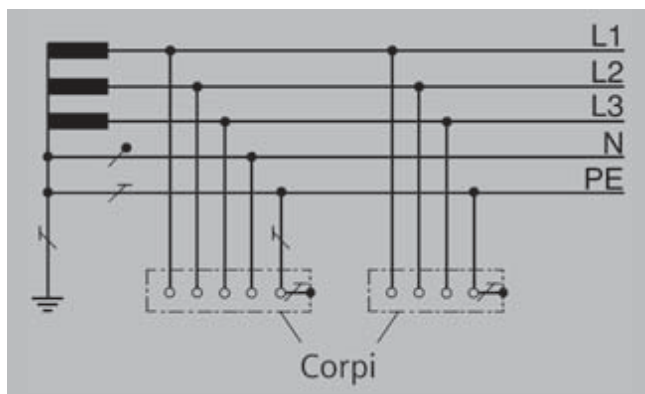



Figura A1: Sistema TN-S

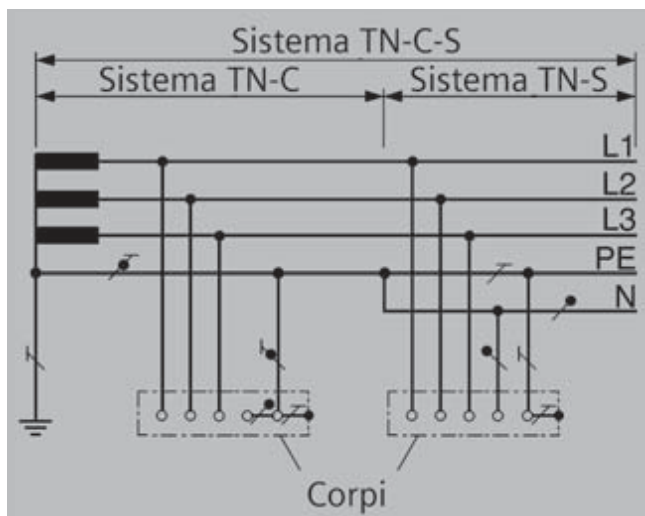



Figura A2: Sistema TN-C-S

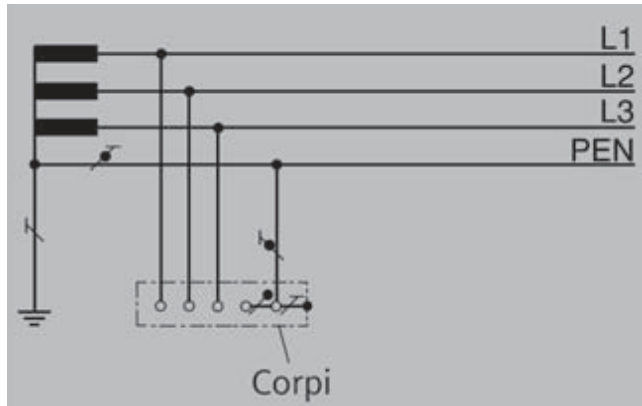



Figura A3: Sistema TN-C

Misure di protezione ammissibili nei sistemi TN:
– dispositivi di protezione da sovracorrente
– dispositivi di protezione differenziali
(non però nel sistema TN-C)

Deve essere soddisfatta la seguente condizione::

$$Z_s * I_a \leq U_0$$

Z_s Impedenza dell'anello di guasto

I_a Corrente che causa la disinserzione automatica del dispositivo di protezione. Con i dispositivi di protezione differenziali corrisponde I_a alla corrente di guasto nominale $I_{\Delta n}$.

U_0 Tensione alternata nominale verso terra

Con U_0 = 230 V si devono rispettare i seguenti tempi di disinserzione:

0,4 s	– per circuiti terminali che, tramite prese o collegamento fisso, alimen- tano apparecchi portatili della classe di protezione I oppure mezzi operativi mobili della classe di protezione I
≤ 5 s	– per circuiti di distribuzione
> 0,4 s e ≤ 5s	– per circuiti terminali di mezzi operativi fissi, se sono soddisfatte le condizioni addizionali

Nell'impiego di dispositivi di protezione da sovracorrente si deve verificare il tempo di disinserzione richiesto tenendo conto della corrente di disinserzione, per esempio sulla base di curve caratteristiche di disinserzione. Per questo è

necessario rilevare la corrente di disinserzione con il calcolo oppure la misura. Questo nella pratica non è sempre realizzabile in modo semplice. Anche la determinazione dell'impedenza dell'anello di guasto, nella pratica può presentare dei problemi (per esempio dopo i convertitori di frequenza o inverter). Poiché i dispositivi di protezione differenziali devono sempre intervenire dopo max. 0,3 s, nel caso del loro impiego nel sistema TN non è un problema rispettare le condizioni di disinserzione.

A.2.2 Sistema TT

Tutti i corpi che sono protetti tramite lo stesso dispositivo di protezione, devono essere collegati tramite il conduttore di protezione ad un dispersore di terra comune (vedi Figura A4).

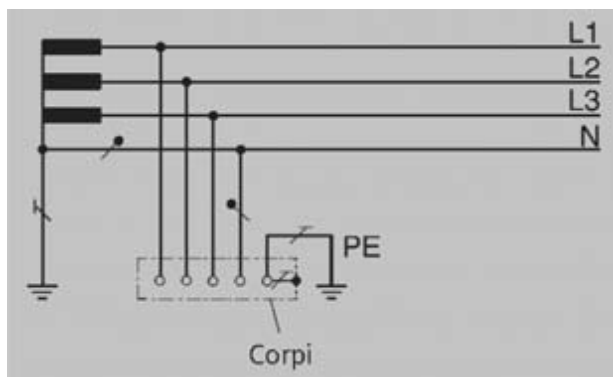



Figura A4: Sistema TT

Misure di protezione ammissibili:
- dispositivi di protezione differenziali
- dispositivi di protezione da sovracorrente

Deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$R_a * I_a \leq 50 \text{ V}$$

R_a Somma di tutte le resistenze del dispersore di terra e del conduttore di protezione dei corpi

I_a Corrente che causa la disinserzione automatica del dispositivo di protezione. Con dispositivi di protezione differenziali I_a corrisponde alla corrente di guasto nominale $I_{\Delta n}$.

Per soddisfare la condizione citata, nell'impiego di dispositivi di protezione differenziali in funzione della corrente di guasto nominale derivano diverse resistenze di messa terra max. ammissibili per Tipo AC e Tipo A (vedi Tabella 7).

Corrente di guasto nominale $I_{\Delta n}$	Max. resistenza di terra ammissibile con una tensione di contatto max. ammissibile di	
	50 V	25 V
10 mA	5000 Ω	2500 Ω
30 mA	1660 Ω	830 Ω
100 mA	500 Ω	250 Ω
300 mA	170 Ω	85 Ω
500 mA	100 Ω	50 Ω
1 A	50 Ω	25 Ω

Tabella 7: Max. resistenze di terra ammissibili in funzione della $I_{\Delta n}$

Per i dispositivi di protezione differenziali sensibili a tutte le correnti, Tipo B, occorre rispettare le indicazioni contenute nella Sezione 2.4.1, in caso di impiego di mezzi operativi con diverse componenti di frequenza nella corrente di dispersione possibile.

A.2.3 Sistema IT

Nei sistemi IT (vedi Figura A5) le parti attive devono essere isolate da terra oppure disporre di una impedenza sufficientemente alta. I corpi devono essere collegati a terra singolarmente, a gruppi o globalmente.

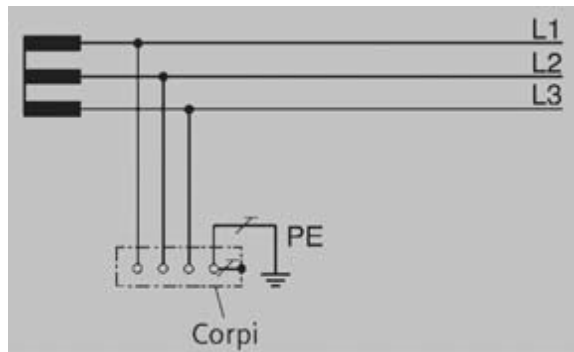



Figura A5: Sistema IT

Misure di protezione ammissibili:
– dispositivi di controllo dell'isolamento
– dispositivi di protezione da sovracorrente
– dispositivi di protezione differenziali

Non è richiesta la disinserzione al primo guasto. Occorre però provvedere a contromisure in modo che, al comparire del secondo guasto, sia escluso il rischio di effetti fisiologici pericolosi per le persone.

Per il primo caso deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$R_a \times I_a \leq 50 \text{ V}$$

R_a *Somma di tutte le resistenze del dispersore di terra e del conduttore di protezione dei corpi*

I_a *Corrente di guasto nel caso del primo guasto con impedenza trascurabile tra un conduttore di fase ed un corpo. Il valore tiene conto delle correnti di dispersione e dell'impedenza globale dell'impianto elettrico verso terra*

Un dispositivo di controllo dell'isolamento deve essere previsto affinché il primo guasto sia visualizzato con un segnale acustico oppure ottico e venga eliminato il più rapidamente possibile.

Dopo il primo guasto, in funzione della messa a terra degli utilizzatori (singola, a gruppi o globale) occorre soddisfare determinate condizioni. Se queste non possono essere soddisfatte con dispositivi di protezione contro la sovra-corrente, occorre prevedere dispositivi di protezione differenziali per ogni utilizzatore oppure occorre eseguire un allineamento addizionale del potenziale.

L'impiego comune di dispositivi di controllo dell'isolamento e dispositivi di protezione differenziali non provoca alcuna influenza reciproca.

A.2.4 Riepilogo

I dispositivi di protezione differenziali possono essere impiegati in tutti i sistemi di rete (sistemi TN, TT, IT) di una rete in corrente alternata oppure trifase (vedi Figura A6). Qui i dispositivi di protezione differenziali sono più efficaci, nella loro azione di protezione, degli altri dispositivi di protezione consentiti, perché essi, oltre alla protezione da contatto indiretto nell'impiego di dispositivi di protezione differenziali con $I_{\Delta n} \leq 30$ mA, offrono anche una protezione da contatto diretto e con $I_{\Delta n} \leq 300$ mA offrono un attivo contributo contro le correnti di dispersione verso terra per la protezione preventiva da incendi causati da innesco elettrico.

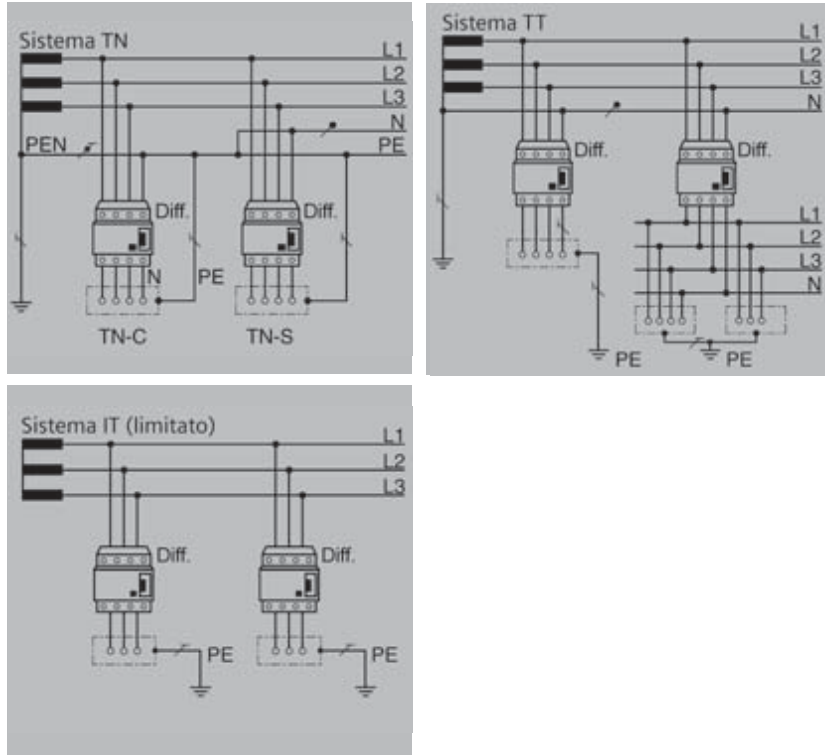
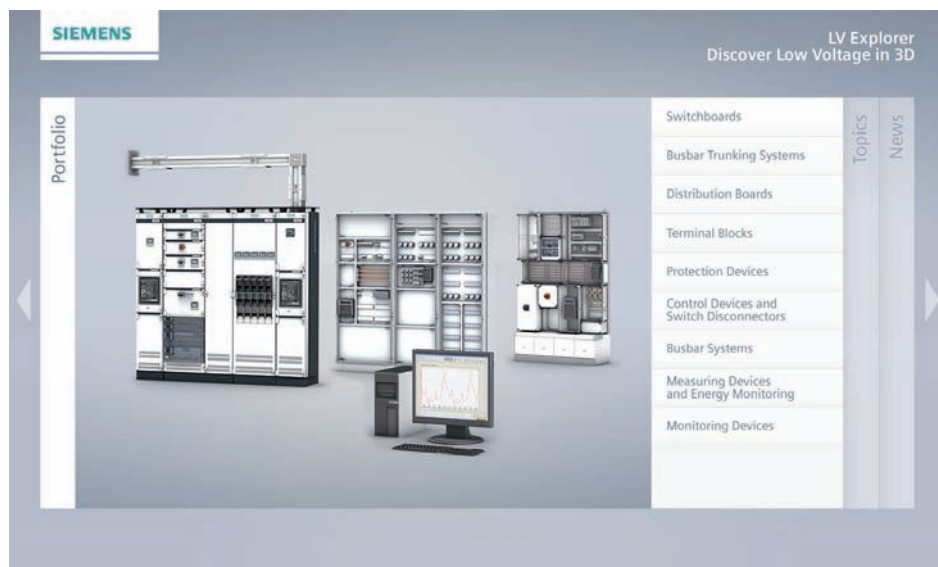



Figura A6: Dispositivi di protezione differenziali in tutti i sistemi di rete

A.3 Concetti e definizioni per l'indicazione del potere di interruzione

– Potere di interruzione nominale I_m dell'interruttore differenziale (CEI EN 61 008-1):
  valore efficace non condizionato della corrente di cortocircuito che l'interruttore differenziale che, in determinate condizioni, è in grado di inserire, condurre e disinserire.
– Potere di interruzione nominale I_{cn} degli interruttori magnetotermici differenziali (CEI EN 61 009-1):
  Il potere di interruzione nominale di un interruttore magnetotermico differenziale è il valore, determinato dal costruttore, del potere di interruzione di cortocircuito limite.
– Potere di interruzione di guasto nominale $I_{\Delta m}$ (CEI EN 61 008-1 e, CEI EN 61 009-1):
  valore efficace non condizionato della corrente di dispersione che il dispositivo di protezione differenziale in determinate condizioni è in grado di inserire, condurre e disinserire.
– Corrente di cortocircuito nominale condizionata I_{nc} (CEI EN 61 008-1):
  corrente non condizionata che l'interruttore differenziale collegato con un fusibile di back-up di cortocircuito può mantenere senza successive limitazioni funzionali.
– Corrente di cortocircuito di guasto nominale condizionata $I_{\Delta c}$ (CEI EN 61 008-1):
  corrente di dispersione non condizionata che l'interruttore differenziale collegato a un fusibile di back-up di cortocircuito può mantenere senza successive limitazioni funzionali.

LV Explorer – Scopri il mondo Low Voltage SIEMENS in 3D

www.siemens.com/lowvoltage/lv-explorer

Ottieni informazioni complete sui nostri prodotti con l'ausilio di animazioni in 3D, trailer e specifiche tecniche.

Sempre a disposizione, grazie ad un servizio clienti completo.

Mettiamo a disposizione un supporto completo dalla progettazione alla messa in opera del prodotto.

Direzione commerciale

- Siemens S.p.A.
  Viale Piero e Alberto Pirelli, 10
  20126 Milano - Casella Postale 17154
  Tel. 02-2436.2654

Organizzazione di vendita - Elenco Filiali

- **Macro Area Lombardia**
  Provincie: Bergamo - Brescia - Cremona - Lecco - Lodi - Piacenza - Sondrio - Biella - Como - Milano - Novara - Pavia - Varese - Verbania - Vercelli
  Viale Piero e Alberto Pirelli, 10
  20126 Milano - Casella Postale 17154
  Tel. 02-2436.2309 oppure .2640
  Fax 02-2436.3416

- **Macro Area Nord Ovest**
  Regioni: Liguria, Piemonte (escluso Biella, Novara, Verbania, Vercelli), Sardegna, Valle D'Aosta

  Genova
  Via Angelo Scarsellini, 119
  Torre "B" - 11° piano - Cap 16149
  Tel. 010-3434.764 - Fax 010-3434.689

  Torino
  Via Pio VII, 127 - Cap 10127
  Tel. 011-6173.273 - Fax 011-6173.202

- **Macro Area Nord Est**
  Regioni: Friuli Venezia Giulia, Trentino Alto Adige, Veneto + Mantova

  Padova
  Via Lisbona, 28 - Cap 35127
  Tel. 049-8533.338 - Fax 049-8533.346

- **Macro Area Centro Nord**
  Regioni: Emilia Romagna, Repubblica di San Marino, Toscana + Ancona, Macerata, Pesaro-Urbino

  Bologna
  Via Brini, 45 - Cap 40128
  Tel. 051-6384.604 - Fax 051-6384.630

  Firenze
  Via Don Lorenzo Perosi, 4
  50018 Scandicci (FI)
  Tel. 055-7595.602 - Fax 055-7595.615

- **Macro Area Centro Sud**
  Regioni: Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Lazio, Molise, Puglia, Sicilia, Umbria + Ascoli Piceno, Fermo + Malta

  Roma
  Via Laurentina, 455 - Cap 00142
  Tel. 06-59692.262 - Fax 06-59692.200

  Bari
  Via delle Ortensie, 16 - Cap 70026
  Tel.080-5387.410 - Fax 080-5387.404

  Napoli
  Via F. Imparato, 198 - Cap 80146
  Tel. 081-2435.391 - Fax 081-2435.337

  Siracusa
  V.le S. Panagia, 141/e - Cap 96100
  Tel. 0931-1962.435 - Fax 0931-1962.434

Siemens S.p.A.
Infrastructure & Cities Sector
Low and Medium Voltage Division
Low Voltage Distribution
Viale Piero e Alberto Pirelli, 10
20126 Milano
Tel. 02 243 62029 - Fax 02 243 62844

www.siemens.it/LV

Con riserva di modifiche

Customer Support
Hotline, Service e Servizio ricambi
Tel. 02 243 62000
Fax 02 243 62100
e-mail: support.italy.automation@siemens.com